مجله اکوفیزیولوژی بذر

جلد دوم، شماره اول، نیمه اول ۹۶

۱۲۸- ۱۱۵

تأثیر پیش تیمار نانوکلوئید سیلیکون بر برخی شاخص‌های جوانه‌زنی و خصوصیات فیزیولوژیکی گیاهچه گندم تحت شرایط تنش خشکی

کریم برزگرقاجاری[۱]،عباس ملکی[۲]*،همت الله پیردشتی[۳]

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایلام، گروه زراعت، ایلام، ایران

۲. دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایلام، گروه زراعت، ایلام، ایران

۳. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۹/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۱۹

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی تأثیر پیش تیمار نانوکلوئید سیلیکون بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاهچه گندم تحت شرایط تنش خشکی در آزمایشگاه تنش‌های محیطی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی و با چهار تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل شش سطح خشکی (صفر،۳-، ۶-، ۹-، ۱۲-، ۱۵- بار) و پنج سطح نانو سیلیکون (صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر) بودند. نتایج نشان داد که افزایش مقدار نانوسیلیکون صفاتی مانند درصد جوانه‌زنی(۶/۱٪)، سرعت جوانه‌زنی(۲۳/۳٪) را کاهش ولی سرعت جوانه‌زنی روزانه (۱۲/۵٪) و میانگین زمان جوانه‌زنی (۱۲/۸٪) را افزایش داده و بر متوسط جوانه‌زنی روزانه تاثیری نداشت. افزایش سطح تنش خشکی صفات درصد جوانه‌زنی(۸/۵٪)، سرعت جوانه‌زنی (۴۱/۱٪) را کاهش داد اما سرعت جوانه‌زنی روزانه (۱۲/۵٪) و شاخص جوانه‌زنی(۱۸/۲۵٪) را افزایش داد. همچنین میزان کلروفیل a (۴۵٪)، کلروفیل b (۵۳/۳٪) و کارتنوئید (۴۹/۸٪) در تنش خشکی با شدت متوسط (۳- بار) افزایش یافته ولی با افزایش شدت تنش خشکی به ۶- بار، کاهش معنی داری نشان داد، ضمن آنکه در این سطح تنش(۶- بار)، مقدار پرولین به شدت افزایش نشان داد (۹۳/۳٪). با افزایش مقدار نانوسیلیکون از ۳۰ (میلی گرم در لیتر) به بالا، میزان کلروفیل b و کارتنوئیدها روندی افزایشی نشان داد ولی تفاوت معنی داری با همدیگر نداشتند. اثر متقابل تنش خشکی و نانوسیلیکون بر سرعت جوانه‌زنی، میزان کلروفیل b و کارتنوئید معنی‌دار شد ولی بر سایر صفات مورفولوژیک بذر و فیزیولوژیک گیاهچه معنی‌دار نشد. اگرچه میزان کلروفیل و کارتنوئید با افزایش تنش خشکی از سطح صفر به ۶- بار کاهش یافت ولی در حضور ذرات نانو سیلیکون مقدار آن‌ها بیشتر از تیمار شاهد بود. به نظر می‌رسد تجمع پرولین در گندم، مکانیسمی برای تحمل به خشکی است. همچنین می‌توان نتیجه گرفت اثر مقادیر نانوسیلیکون بر خصوصیات مختلف بذر و گیاهچه در شرایط تنش خشکی، محسوس تر از اثر آن در شرایط عادی و بدون تنش است.

واژه های کلیدی:پرولین،سرعت جوانه‌زنی، کلروفیل a و b، کارتنوئیدها.

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیک:iaumaleki@yahoo.com

مقدمه

گندم (*Triticumaestivum*) از تیره غلات و از مهم‌ترین گیاهان زراعی است که حدود ۱۷ درصد از زمین‌های زراعی زیر کشت در جهان را به خود اختصاص داده است. تقریباً ۳۲ درصد از مناطق کشت گندم در کشورهای در حال توسعه، با انواع مختلفی از تنش‌های محیطی در فصل رشد زراعی مواجه می‌شوند (Saturre and Slaffer, 2000). در بین تنش‌های غیرزنده، خشکی مهم‌ترین تنش زراعی است که موجب کاهش عملکرد محصولات زراعی می‌شود (Chandran et al, 2008).

جوانه‌زنی اولین مرحله نموی گیاه و یکی از مراحل مهم و حساس در چرخه زندگی گیاهان است که نقش کلیدی در سبز شدن گیاهچه دارد. این مرحله از رشد به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی به ویژه دما و رطوبت خاک قرار می‌گیرد (Basra et al, 2004; Soltani et al, 2006). تنش‌خشکی یکی از مهم ترین عوامل‌محیطی است که بر جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه تأثیر می‌گذارد (Falleri, 1994; Baalbeki et al, 1999). بذوری که بتوانند در مرحله جوانه‌زنی واکنش مناسبی به تنش خشکی نشان دهند، در مرحله گیاهچه‌ای رشد بهتری داشته و سیستم ریشه‌ای قوی‌تری تولید می‌کنند (Ashraf and Foolad, 2005).

استقرار نامناسب گیاهچه یکی از مشکلات مهم به ویژه در شرایط کمبود رطوبت خاک است که عملکرد کمی و کیفی محصول را خصوصاً در گیاهان یکساله تحت تاثیر قرار می‌دهد. از طرفی افزایش اندازه بذر و همچنین افزایش پتانسیل ژنتیکی آن که به واسطه اصلاح گیاهان بدست آمده، برای بهبود قدرت جوانه‌زنی بذور کافی نبوده و راهکارهای دیگری نظیر پرایمینگ (پیش‌تیمار بذر)، که سبب بهبود کارکرد و افزایش کیفیت بذر در شرایط نامساعد محیطی می‌شوند، مورد توجه قرار گرفته است (Basra et al, 2004; Murungu et al, 2003). این تکنیک یکی از روش‌های بهبود کارکرد بذر می‌باشد که طی آن اجازه داده می‌شود بذرها مقداری آب جذب کنند به طوری‌که مراحل اولیه جوانه‌زنی انجام شود اما ریشه‌چه خارج نشود. به عبارت دیگر، بذرها تا مرحله دوم آبنوشی پیش می‌روند اما وارد مرحله سوم نمی‌شوند. بعد از تیمار، بذرها خشک شده و همانند بذرهای تیمار نشده (شاهد) ذخیره و کشت می‌شوند (McDonald, 1999).

دمیرکایا و همکاران (Demirkaya et al, 2006)، گزارش کردند که پیش‌تیمار بذر باعث افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه و کاهش گیاهچه‌های غیرنرمال آفتابگردان در شرایط تنش خشکی گردید. مارانگو و همکاران (Murungu et al., 2003)، در تحقیقات خود مشاهده کردند که با افزایش شدت خشکی، درصد سبزشدن و رشد گیاهچه ذرت و پنبه کاهش یافت اما پیش تیمار بذر باعث افزایش این دو مؤلفه در سطوح تنش خشکی نسبت به بذرهای شاهد گردید.

اگر چه سیلیکون عنصر ضروری برای اکثر گیاهان محسوب نمی‌شود، ولی اثرات سودمندی بر رشد گیاه دارد (Epstein and Blum, 2005). سیلیکون در افزایش رشد و عملکرد گیاهان زراعی و همچنین در فیزیولوژی و متابولیسم گیاهان مختلف از جمله گندم و گوجه فرنگی، اثرات مثبت بی‌شماری را دارا می‌باشد (Gang et al, 2003; Romer et al, 2006). سیلیکون همچنین ورس را به حداقل رسانده و مقاومت گیاه را در مقابل بیماری‌ها و آفات افزایش می‌دهد. علاوه بر این با بهبود جهت‌گیری برگ‌ها در مقابل خورشید، ظرفیت فتوسنتزی گیاه را افزایش می‌دهد. سیلیکون سبب بهبود کیفیت الیاف گیاهی شده و ضمن تاثیر بر جذب و انتقال برخی عناصر معدنی، بر فعالیت‌های بیوشمیایی گیاه نیز تاثیر دارد (Epstein and Blum, 2005).

گندم از جمله گیاهانی است که می تواند مقدار قابل‌توجهی سیلیکون جذب کند و اثرات تنش‌هایی مانند شوری، خشکی، عدم تعادل مواد مغذی، دماهای بالا و یخزدگی را کاهش دهد. حیدری و همکاران (Heidari et al, 2015)، در تحقیقی تاثیر نانو عنصر سیلیکون بر

جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام مختلف بومی و اصلاح شده‌ی گندم تحت شرایط آزمایشگاهی را مورد بررسی قرار دادند که نتایج آزمایش نشان داد عنصر سیلیکون باعث افزایش قدرت و همچنین یکنواختی سبز شدن گیاهچه‌ی گندم می‌شود.

با توجه به اهمیت نانو ذرات سیلیکون در رشد گیاهان زراعی و نقش آن در جوانه زنی بذور در شرایط خشکی، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر پیش تیمار نانوکلوئید سیلیکون بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاهچه گندم در شرایط تنش خشکی انجام گردید.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر پیش‌تیمار نانوکلوئید سیلیکون بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاهچه گندم تحت تنش خشکی، آزمایش حاضر در سال ۱۳۹۲ در آزمایشگاه تنش‌های محیطی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارهای مورد بررسی شامل شش سطح خشکی (صفر، ۳-،۶-، ۹-، ۱۲-، ۱۵- بار) و پنج سطح نانو سیلیکون (صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر) بود. در این آزمایش از رقم گندم مروارید[1] استفاده گردید.

به‌منظور تهیه محلول نانوسیلیکون ابتدا مقدار ۱۰۰ میلی‌گرم از پودر نانو را به ۱۰۰۰ سی‌سی آب مقطر (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) اضافه کرده و به‌مدت ۲۰ دقیقه در حمام التراسونیک مدل (S60H) قرار داده شد، همچنین برای جلوگیری از ته‌نشینی پودر نانوسیلیکون در آب، از محلول ۰/۵ در هزار پلی اکسلی اتیلن[2] (پلی سوربات)، به عنوان سورفکتانت استفاده شد. پس از تهیه استوک اولیه، سطوح مورد نظر در آزمایش با استفاده از معادله ۱ تهیه گردید.

$$C_1V_1=C_2V_2 \qquad (۱)$$

C_1: غلظت اولیه محلول استوک
C_2: غلظت مورد نظر
V_1: حجم مورد نیاز از محلول استوک
V_2: حجم مورد نظر

ابتدا به‌منظور پیش‌تیمار بذور با محلول نانوسیلیکون، بذرها را در بشرهای حاوی غلظت‌های مختلف نانو سیلیکون ریخته و به مدت ۱۲ ساعت در دمای اتاق نگهداری گردید و بعد از گذشت این مدت بذور از محلول خارج گردید. سطوح خشکی شامل ۰، ۶-، ۹-، ۱۲- و ۱۵- بار بود که برای ایجاد آن‌ها با استفاده از روش میشل و کافمن (Sinaki et al, 2004)، به ترتیب از مقادیر صفر، ۱۴۳/۱۸، ۲۱۳/۶۴، ۲۶۷/۹۸، ۳۱۳/۸۸، ۳۵۴/۳۶ گرم پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰، در یک لیتر آب مقطر استفاده شد.

آزمایش در دو مرحله انجام شد، به این صورت که در مرحله اول صفات رویشی و مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر و در مرحله دوم صفات فیزیولوژیکی گیاهچه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. شمارش بذور جوانه‌زده به صورت روزانه و در ساعت معینی انجام شد. معیار جوانه‌زنی بذور نیز خروج ریشه‌چه به میزان ۲ میلی‌متر درنظر گرفته شد (Adam et al.,2007). پس از گذشت ۸ روز، ۱۰ عدد گیاهچه نرمال از هر پتری‌دیش به صورت تصادفی برداشته شد. در نهایت نیز برخی از مؤلفه‌های جوانه‌زنی از جمله شاخص طولی بنیه گیاه‌چه (معادله ۲)، شاخص جوانه‌زنی (معادله ۳)، سرعت جوانه‌زنی (معادله ۴)، متوسط جوانه‌زنی روزانه (معادله ۵) با استفاده از نرم افزار Germin تعیین شد (Heidari et al., 2015). سایر شاخص‌های جوانه‌زنی بر اساس معادلات مربوطه محاسبه شدند (McDonald, 1999; Adam et al, 2007 and Baalbeki et al, 1999)

[1] - این رقم در زمستان سال ۱۳۸۸ از سوی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر معرفی شد، این رقم مقاوم به بیماری‌های قارچی، مناسب برای مناطق گرم و مرطوب شمال کشور و سازگار با آب و هوای گرم و مرطوب می‌باشد.

[2]- $C_{58}H_{114}O_{26}$

(۲)

طول گیاهچه (سانتی‌متر) × درصدجوانه زنی = شاخص بنیه گیاهچه

$$\sum GI = \frac{Ni}{Ti} \qquad (۳)$$

GI: شاخص جوانه‌زنی، Ti: تعداد روزهای پس از کشت، ni: تعداد کل بذرهای جوانه‌زده تا روز i

$$Rs = \sum_{i=1}^{n} \frac{Si}{Di} \qquad (۴)$$

R_S: سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)، S_i تعداد بذور جوانه-زده در هر شمارش، Di تعداد روز تا شمارش، n: دفعات شمارش

$$MDG=GP/d \qquad (۵)$$

MDG: متوسط جوانه‌زنی روزانه (بذر در روز) ،GP: درصد جوانه‌زنی، d: تعداد روزها تا رسیدن به حداکثر جوانه‌زنی نهایی (طول دوره اجرای آزمایش)

$$DGS = \frac{1}{MDG} \qquad (۶)$$

DGS: سرعت جوانه‌زنی روزانه (بذر در روز) وMDG: متوسط جوانه‌زنی روزانه

(۷)

$$CVG = \frac{G_1 + G_2 + G_3 + \ldots + G_n}{(1\times G_1) + (2\times G_2) + (3\times G_3) + \ldots + (n\times G_n)}$$

CVG: ضریب سرعت جوانه‌زنی، G_1-G_n: تعداد بذرهای جوانه‌زده از روز اول تا روز آخر آزمون

$$GP = \frac{\sum G}{N} \times ۱۰۰ \qquad (۸)$$

GP: درصد جوانه‌زنی، G: تعداد بذور جوانه‌زده، N: تعداد کل بذور

آزمایش مرحله دوم با توجه به نتایج مرحله اول و تنها با سه سطح اول تنش خشکی (صفر، ۳- و ۶- بار)، انجام شد. همچنین به منظور تأمین مقدار نمونه مورد نظر برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک، برای هر تکرار چهار پتری‌دیش در نظر گرفته شد. پس از ضدعفونی بذور و اعمال تیمارهای مورد نظر پتری‌دیش‌ها در داخل ژرمیناتور با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۹۶ درصد به مدت ۱۵روز قرارداده شدند. سپس نمونه‌ها را از ژرمیناتور خارج نموده و از هر پتری‌دیش گیاهچه‌های نرمال آن را برداشته و قسمت ساقه‌چه آن را جدا کرده و در داخل ورقه‌های آلومینیومی با ابعاد ۱۰ ×۱۰ سانتی‌متر قرار داده و در داخل نیتروژن مایع منجمد گردیدند و تا زمان اندازه‌گیری صفات مورد نظر در فریزر و در دمای ۴۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

برای تعیین مقدار پرولین در ریشه و اندام‌های هوایی، از روش باتیس و همکاران (Bates et al, 1973) استفاده شد. بدین ترتیب که برای تهیه معرف نین هیدرین، مقدار ۱/۲۵ گرم از این ماده را داخل ارلن ریخته و به آن ۳۰ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال و ۲۰ میلی‌لیتر اسید فسفریک ۶ مولار اضافه شد، سپس آن را به آرامی حرارت داده تا نین هیدرین بطور کامل حل شود. برای اندازه‌گیری پرولین، ابتدا مقدار ۰/۲ گرم از نمونه گیاهی‌تر توزین شد و در هاون چینی در ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد به خوبی ساییده شد. ماده همگن حاصل در سانتریفیوژ با ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه، در دمای ۴ درجه سانتی گراد و به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس ۲ میلی‌لیتر از عصاره‌های صاف شده را به لوله‌های درب‌دار منتقل نموده و به همه لوله‌ها مقدار ۲ میلی‌لیتر معرف نین هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسیداستیک گلاسیال، اضافه شد. پس از بستن درب لوله‌ها، آن‌ها به مدت ۱ ساعت در آب ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و بعد از سرد شدن، به هر یک از لوله‌ها مقدار ۴ میلی لیتر تولوئن اضافه شد. برای مخلوط کردن این دو محلول، به مدت ۲۰-۱۵ ثانیه با استفاده از ورتکس لوله‌ها تکان داده شدند. سرانجام فاز رویی که به رنگ قرمز در آمده و حاوی پرولین محلول در تولوئن بود را برداشته و همزمان با نمونه‌های استاندارد، در دستگاه اسپکتروفتومتر قرار گرفت. اعداد در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت گردید و غلظت پرولین برحسب میلی-گرم بر گرم بافت تازه، با استفاده از منحنی استاندارد تعیین شد.

برای اندازه گیری کلروفیل از روش پورا (Porra, 2002) استفاده گردید. به این صورت که مقدار ۰/۰۵ گرم نمونه تر برگی توزین و در لوله‌های آزمایش درب دار قرار داده شد و مقدار هشت میلی‌لیتر متانول خالص به آن‌ها اضافه شد.

نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و در دمای اتاق نگهداری گردیده و سپس میزان جذب آن‌ها در دستگاه اسپکتروفتومتر و در سه طول موج ۴۷۰، ۶۶۵/۲ و ۶۵۲/۴ نانومتر قرائت گردید. از متانول خالص نیز به عنوان بلنک استفاده گردید. در نهایت غلظت کلروفیل a، b و کارتنوئید با استفاده از معادلات زیر محاسبه شد.

$$Chl_a\ (\mu g/ml) = 16.72\ A_{665.2} - 9.16\ A_{652.4} \quad (۸)$$

$$Chl_b\ (\mu g/ml) = 34.09\ A_{652.4} - 15.28\ A_{665.2} \quad (۹)$$

$$C_{(x+c)}\ (\mu g/ml) = (1000A_{470} - 1.63\ Chl_a - 104.96\ Chl_b)/221 \quad (۱۰)$$

Chl_a =a کلروفیل

Chl_b =b کلروفیل

$C_{(x+c)}$=کارتنوئید

$A_{665.2}$ = میزان جذب در طول موج ۶۶۵/۲ نانومتر

$A_{652.4}$ = میزان جذب در طول موج ۶۵۲/۴ نانومتر

A_{470}= میزان جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر

آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS 18 انجام و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال α =۰/۱۰ انجام گرفت. همچنین رسم شکل‌ها با استفاده از صفحه گسترده Excel 2010 انجام گرفت.

نتایج و بحث

درصد، سرعت، ضریب و شاخص جوانه‌زنی

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که درصد جوانه‌زنی بطور معنی‌داری تحت تأثیر مقادیر خشکی (در سطح احتمال یک درصد) قرار گرفت (جدول ۱)، به گونه‌ای که با افزایش تنش خشکی از صفر تا ۶- بار، درصد جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت هر چند سطوح صفر و ۳- بار با هم اختلاف معنی داری نداشتند (جدول ۲). مقادیر نانو سیلیکون اثر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی نداشت (جدول ۱).

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس درصد، سرعت و متوسط جوانه‌زنی روزانه تحت تأثیر مقادیر خشکی و نانوسیلیکون

Table 1. Analysis of variances for germination percentage, germination rate and average daily germination under drought treatments and nano-silicon levels

		میانگین مربعات Mean squares		
منابع تغییر S. O. V.	درجه آزادی d.f	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	متوسط جوانه‌زنی روزانه Mean daily germination
تنش خشکی Drought Stress (DS)	2	2001.06**	262.4**	31.26**
نانوسیلیکون Nano-silicon (N)	4	77.73ns	9.07**	1.21ns
اثر متقابل خشکی در نانوسیلیکون DS*N	8	34.73ns	3.88*	0.54ns
خطای آزمایشی Experimental error	45	34.57	1.58	0.54
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	6.36	9.82	6.36

* و ** به ترتیب معنی داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns عدم معنی دار بودن را نشان می‌دهد.

* and **Signinficant at 5% & 1% probability level and ns non- significant, respectively

نتایج آزمایش نشان داد که سرعت جوانه‌زنی بذر بطور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح خشکی قرار گرفت (جدول ۱)، به گونه‌ای که با افزایش تنش خشکی از تیمار شاهد تا ۶- بار، درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر و ضریب سرعت جوانه‌زنی بذر به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند (جداول۲ و ۳). نانو سیلیکون اثر معنی‌داری بر ضریب سرعت جوانه‌زنی بذر نداشت (جدول ۳).

جدول ۲- مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و متوسط جوانه‌زنی روزانه تحت تأثیر مقادیر خشکی و نانوسیلیکون

Table 2. The mean comparison of germination percentage, germination rate and average daily germination affected by drought stress and nano-silicon treatments

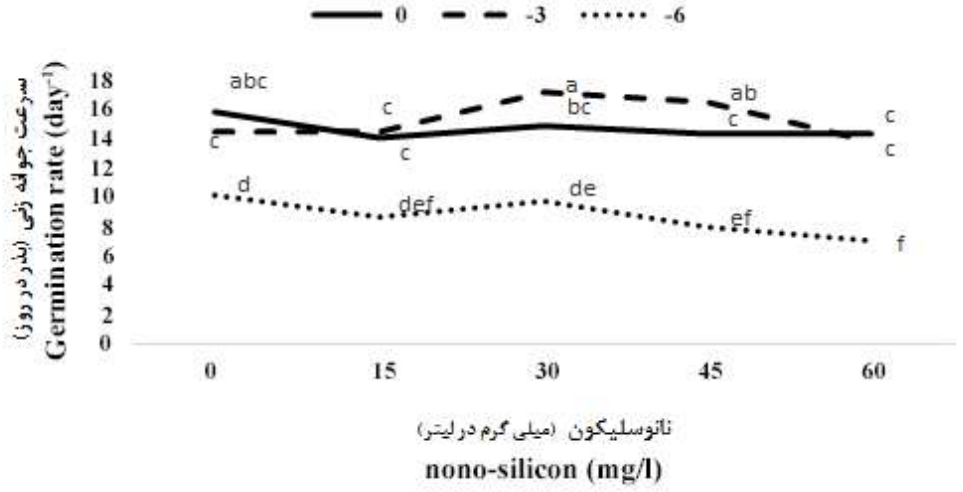
تیمارها Treatments	درصد جوانه زنی (درصد) Germination percentage (%)	سرعت جوانه زنی (بذر در روز) Germination rate (seed/day)	متوسط جوانه زنی روزانه (بذر در روز) Mean daily germination (seed/day)
خشکی (بار) Drought Stress (bar)			
0	99.4a	14.6a	12.42a
-3	97a	15.21a	12.12a
-6	81b	8.65b	10.12b
نانوسیلیکون (میلی گرم در لیتر) Nano-silicon (mg/litr)			
0	93.66a	13.42a	11.7a
15	93a	12.33bc	11.62a
30	94.33a	13.84a	11.79a
45	93.33a	12.87ab	11.66a
60	88b	11.64c	11b

میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column by similar letter are not significantly different at the 5% probability level according to Duncan test

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که شاخص جوانه‌زنی از نظر آماری تنها تحت تأثیر سطوح خشکی قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری بین سطوح خشکی وجود داشت (جدول ۳). به‌گونه‌ای که با افزایش تنش خشکی تا ۶- بار شاخص جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ولی بین دو سطح اول تنش اختلاف معنی داری نبوده و سطح سوم یعنی تنش ۶- بار، اختلاف معنی‌داری با دو سطح دیگر داشت. هرچند مقادیر نانوسیلیکون اثر معنی‌داری بر شاخص جوانه‌زنی نداشت، ولی مصرف نانوسیلیکون موجب افزایش شاخص جوانه‌زنی شد. اثر متقابل ذرات نانوسیلیکون و تنش خشکی اثر معنی داری بر این صفت نداشت (جداول ۳ و۴).

حنان و همکاران (Hanan et al., 2014) در بررسی تأثیر نانو ذرات نقره بر جوانه‌زنی گندم و جو تایید کردند که در هر دو گیاه گندم و جو، مصرف نانو نقره باعث افزایش درصد جوانه‌زنی نسبت به سطح شاهد گردید. از طرفی اعمال نانو نقره باعث افزایش طول ساقه‌چه و وزن تر و خشک ساقه‌چه و موجب کاهش پارامترهای مربوطه در ریشه‌چه نسبت به سطح شاهد می‌گردد، با این حال مصرف نانو نقره باعث افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی گردید.



شکل ۱- اثرات متقابل مقادیر خشکی و نانوسیلیکون بر سرعت جوانه‌زنی

Figure 1. The interaction effect of drought and nano-silicon levels on germination rate

جدول ۳-میانگین مربعات سرعت جوانه‌زنی روزانه، ضریب سرعت جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی تحت تأثیر مقادیر خشکی و نانوسیلیکون

Table 3. The mean squares of the daily germination rate, germination rate coefficient and germination index affected by drought and nano-silicon treatments

منابع تغییر S. O. V.	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean squares: سرعت جوانه‌زنی روزانه Daily Germination Rate	ضریب سرعت جوانه‌زنی Germination Rate Coefficient	شاخص جوانه‌زنی Germination Index
تنش خشکی Drought Stress (DS)	2	23.91**	1758.13**	1.25**
نانوسیلیکون Nano-silicon (N)	4	1.34ns	45.96ns	0.09ns
اثر متقابل خشکی در نانوسیلیکون DS*N	8	0.81ns	40.51ns	0.1ns
خطای آزمایشی Experimental error	45	0.56	19.59	0.1
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	8.53	9.55	15.59

* و ** به ترتیب معنی داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns عدم معنی دار بودن را نشان می‌دهد.

* and **Signinficant at 5% & 1% probability level and ns non- significant, respectively

کلروفیل a و b وکارتنوئید

نتایج نشان داد میزان کلروفیلa تحت تأثیر مقادیر خشکی در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۵)، به گونه‌ای که با افزایش تنش خشکی تا ۶- بار میزان کلروفیلa بطور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۶). مقادیر مختلف نانوسیلیکون اثر معنی‌داری بر میزان کلروفیلa نداشتند (جدول ۵). اثر متقابل خشکی و نانوسیلیکون بر

میزان کلروفیلb در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول۵)، به گونه‌ای که با افزایش تنش خشکی تا ۶- بار میزان کلروفیلb به طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل۲). میزان کارتنوئید نیز تحت اثر متقابل خشکی و نانوسیلیکون قرار گرفت، به گونه‌ای که با افزایش تنش خشکی از صفر تا ۶- بار میزان کارتنوئید بطور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۵ و شکل ۳).

در همین رابطه سینکی و همکاران (Sinaki et al., 2004) اظهار داشتند که با افزایش شدت تنش خشکی و شوری، مقدار کلروفیل a ،b و نسبت این دو کاهش یافت اما مقدار کارتنوئید برگچه‌ها افزایش یافت. آن‌ها این تغییرات را مکانیسمی برای مقابله و سازگار شدن با تنش خشکی از طریق تجزیه رنگدانه‌ها به کارتنوئید و در جهت تحریک مسیر بیوسنتزی آبسیزیک اسید که هنگام وقوع شرایط دشوار محیطی افزایش می‌یابد، ذکر کرده‌اند.

جدول ۴-مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی روزانه، ضریب سرعت جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی تحت تأثیر مقادیر خشکی و نانوسیلیکون

Table 4. Compare the average of daily germination rate, seed germination rate and germination index under drought and nano-silicon levels

تیمارها Treatments	سرعت جوانه زنی روزانه (بذر در روز) Daily Germination rate (Seed/day)	ضریب سرعت جوانه زنی (بذر در روز) Germination Rate Coefficient (Seed/day)	شاخص جوانه زنی (درصد) Germination index (%)
تنش خشکی (بار) Drought Stress (bar)			
0	0.08b	50.53a	1.97b
-3	0.08b	52.88a	1.85b
-6	0.1a	35.59b	2.33a
نانوسیلیکون (میلی گرم در لیتر) Nano-silicon (mg/L)			
0	0.08b	48.31a	1.95a
15	0.08b	45.16ab	2.1a
30	0.08b	48.45a	1.99a
45	0.08b	48.65ab	2.17a
60	0.09a	44.07b	2.04a

میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

Means in each column by similar letter are not significantly different at the 5% probability level according to Duncan test

جدول ۵-میانگین مربعات میزان کلروفیل a، b، کارتنوئید و پرولین تحت تأثیر سطوح خشکی و نانوسیلیکون

Table 5: The mean squares of Chlorophyll a, b, Carotenoid and Prolinconcentration under drought stress and nano-silicon levels

منبع تغییرات S. O. V.	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean Squares: کلروفیل a Chl a	کلروفیل b Chl b	کارتنوئید Carotenoide	پرولین Prolin
تنش خشکی Drought Stress (DS)	2	1.53*	1.94**	0.6**	2.63**
نانوسیلیکون Nano-silicon (N)	4	0.49ns	0.05ns	0.02ns	0.03ns
اثر متقابل خشکی در نانوسیلیکون DS*N	8	0.22ns	0.73*	0.22*	0.02ns
خطای آزمایشی Experimental error	45	0.35	0.25	0.08	0.01
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	6.98	18.32	17.22	9.20

* و ** به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns عدم معنی دار بودن را نشان می‌دهد.

* and **Signinficant at 5% & 1% probability level and ns non- significant, respectively

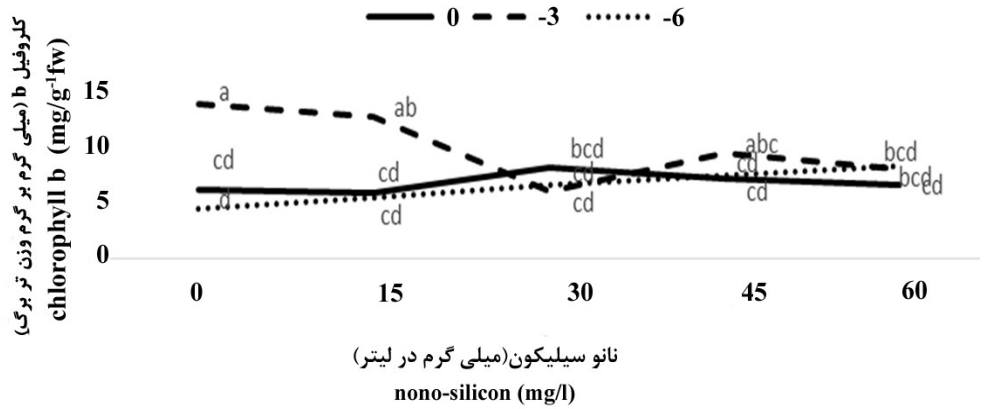
جدول ۶- مقایسه میانگین میزان کلروفیل a، b، کارتنوئید و پرولین تحت تأثیر مقادیر خشکی و نانوسیلیکون

Table 6. Comparethe average of Chlorophyll a, b, Carotenoid and Prolin under drought stress and nano-silicon levels

تیمارها Treatment	کلروفیل a Chl a (mg/g)	کلروفیل b Chl b (mg/g)	کارتنوئید Carotenoide (mg/g)	پرولین Prolin (mmol/g)
تنش خشکی (بار) Drought Stress (bar)				
0	0.18b	6.67b	2.05b	0.21c
-3	0.28a	9.79a	3.08a	1.0b
-6	0.21b	6.29b	1.92b	1.96a
نانوسیلیکون(میلی‌گرم در لیتر) Nano-silicon(mg/L)				
0	0.20a	7.99a	2.52a	0.89b
15	0.22a	7.82a	2.42a	1.11b
30	0.18a	6.78a	2.06a	1.2a
45	0.27a	7.78a	2.45a	1.06ab
60	0.25a	7.46a	2.32a	1.04ab

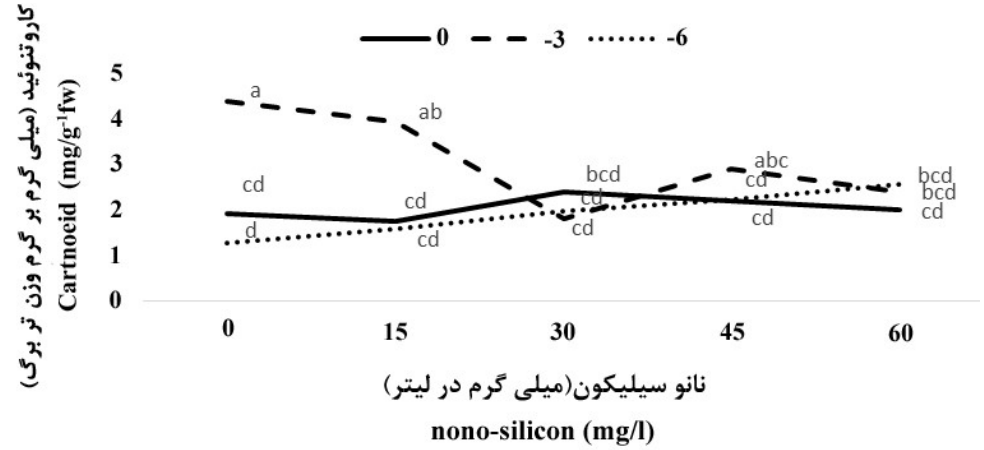
اعداد دارای حروف مشابه درهر ستون براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column by similar letter are not significantly different at the 5% probability level according to Duncan test



شکل ۲-اثرات متقابل مقادیر خشکی و نانوسیلیکون بر کلروفیل b

Figure 2. The interactioneffect of drought stressand Nano-Silicon levels on Chlorophyll b concentration



شکل ۳- اثر متقابل مقادیر خشکی و نانوسیلیکون بر میزان کارتنوئید

Figure 3. The interaction effect of drought stressand nano-silicon levels on the carotenoid concentration

پرولین

میزان پرولین صرفا تحت تأثیر مقادیر خشکی قرار گرفت و نتایج در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول ۵) به گونه‌ای که با افزایش تنش خشکی صفر تا ۶- بار میزان پرولین بطور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۶). همچنین مشاهده شد مقادیر مختلف نانوسیلیکون اثر معنی‌داری بر میزان پرولین نداشت (جدول ۵). در همین رابطه سینکی و همکاران (Sinaki et al., 2004) در آزمایش خود بر روی گیاهچه‌های سورگوم تحت تنش خشکی گزارش کردند که با شدت یافتن تنش، مقدار پرولین و کربوهیدرات‌های محلول و نامحلول در گیاهچه‌های سورگوم افزایش یافت و اظهار داشتند این افزایش در مقدار کربوهیدرات‌های محلول و غیر محلول و اسیدآمینه پرولین و مقدار کاروتن و تجمع این ترکیبات به همراه سایر متابولیت‌های سازگار یا اسمولیت‌ها راهی برای سازگار شدن با شرایط خشکی است.

بنا به گفته محققین نانو ذرات سیلیکون قادرند اثرات تنش‌هایی مانند شوری، خشکی و عدم تعادل مواد مغذی را کاهش داده که به دلیل اثر سیلیکون بر مکانیسم‌های بیوشیمیایی گیاه بوده و به گیاهان کمک می‌کند تا بر تنش‌های محیطی و زیستی غالب شوند (Ma et al, 2004).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد افزایش مقدار نانوسیلیکون‌ها صفاتی مانند درصد و سرعت جوانه‌زنی را کاهش داده ولی سرعت جوانه‌زنی روزانه و ضریب سرعت جوانه زنی را افزایش داده و بر متوسط جوانه‌زنی روزانه تاثیری نداشت. افزایش سطح تنش خشکی صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی را کاهش داد اما سرعت جوانه زنی روزانه و شاخص جوانه زنی را افزایش داد. همچنین میزان کلروفیلa، کلروفیلb در تنش خشکی متوسط (۳- بار) افزایش یافت ولی با افزایش شدت تنش خشکی به ۶- بار کاهش معنی داری نشان داد. این صفات با افزایش مقدار نانوسیلیکون از ۳۰ (میلی گرم در لیتر) به بالا، هرچند روندی افزایشی داشته ولی تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند. اثر متقابل تنش خشکی و نانوسیلیکون بر سرعت جوانه‌زنی، کلروفیل b و کارتنوئید معنی‌دار شد. اگرچه میزان کلروفیل و کارتنوئید با افزایش تنش خشکی از سطح صفر به ۶- بار کاهش یافت ولی در حضور ذرات نانوسیلیکون مقدار آن‌ها بیشتر از تیمار شاهد بود. به نظر می‌رسد تجمع پرولین و سایر متابولیت‌ها مکانیسمی برای تحمل به خشکی و سایر تنش‌هاست. همچنین می‌توان نتیجه گرفت اثر مقادیر نانوسیلیکون بر صفات مختلف بذر و گیاهچه در شرایط تنش خشکی، محسوس‌تر از اثر آن در شرایط عادی و بدون تنش است.

منابع

Adam, N., Dierig, T., Coffelt. M., Wintermeyer, J., 2007. Cardinal temperatures for germination and early growth of two Lesquerella species.Industrial Crops and Products. 25, 24-33

Ashraf, M., Foolad, M., 2005. Presowing seed treatment, A sorghum approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. Advances in Agronomy. 88, 223-271.

Azarnivand, H., Abbasi, M., Enayati, A., 2010. Evaluation and determination of the best hydro and osmo-priming treatments for germination properties of tall wheatgrass (*Agropyron elongatum*). Iranian Journal of Natural Resources, 62 (4), 431-444. [In Persian with English Summary].

Baalbaki, R. Z., Saeed, A., Farooq, O., 1999. Germination and seedling development of drought tolerantand susceptible wheat under moisture stress. Seed Sci. and Technol. 27, 291-302.

Basra, S. M. A., 2004. Physiological and biochemical aspects of pre- sowing heat stress on cotton seed. Seed Sci and Technol. 32, 765-774.

Bates, L. S., Walderen, R. D., Taere, I. D., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. J. Plant Soil. 39, 205-207.

Chandran,K., Love, N. G., 2008. Physiological State, Growth Mode, and Oxidative Stress Play a Role in Cd(II)-Mediated Inhibition of NitrosomonasEuropaea. American Society for Microbiology, Vol. 74 no. 8, 2447-2453

Demir Kaya, M., Conduz, C., Mohsun, E., 2006. Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (Helianthus annuus L.). European Journal of Agronomy. 24, 291-295.

Dimitrioss, T., Saionk, S., Jason, C. W., 2009. Assay-dependent phytotoxicity of nano-particles to plants. Environ. Sci. Technol. 43: 973-982.

Epstein, E., Bloom, A. J., 2005. Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives. 2nd Edition, Sinauer Associates, Inc., USA.

Falleri, E., 1994. Effect of water stress on germination in six provenances of Pinuspinaster. Seed Sci and Technol. 22, 591-599.

Gang, H. J., 2003. Effects of silicon on growth of wheat under drought. J. Plant Nutr. 26, 1055–1063.

Hanan, M., 2014. Physiological and Cytogenetic responses of Wheat and Barley to Silver Nano priming treatment. International Journal of Applied Biology and Pharmacotical Technology. 5, 265-272.

Heydari, M., Shahpasandy, S., Moosavi, Bijani, M., 2015. Effect of Nano-silicon on the germination and seedling growth of native and bread cultivars of wheat (*Triticumaestivum*L.). Journal of Seed Ecophysiology. 1, 1-16.

Ma, F. G., Xing, D., Lin, B., 2004. Characterization of the Silicon Uptake System and Molecular Mapping of the Silicon Transporter Gene in Rice. American Society of Plant Biologists, Vol. 13., No. 23, 283-289.

Mc Donald, M. B., 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. J. Seed Sci. and Technol. 27, 177–237.

Murungu, F. S., 2003. Effects of seed priming aggregate size and soil matric potential on emergence of cotton (Gossypiumhirsutum L.) and maize (Zea mays L.). Soil and Till. Res. 74, 161- 168.

Porra, R. J., 2002. The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. Photosynthesis Research. 73, 149 - 156.

Romero-Aranda, M., Jurado, R.,Cuartero, O., 2006. Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. J. of Plant PhysioL. Vol., 163, Issue 8, Pages 847–855.

Saber, S., GhasimiHagh, Z., Mostafavi, Sh., 2012. Effects of nano materials on the germination and seedling growth of brassica seeds. Nano Technology and Its Application in Agriculture and Natural Resources Conference. 1-6. Augost, Cairo, Egypt.

Satorre, H. E., Slafer, G. A., 2000.Wheat, ecology and physiology of yield determination. Food Product Press. pp: 503.

Sinaki, j., Nourmohammadi, G., Maleki, A., 2004. Effect of water deficiet on seedling, plantlets and compatible solutes of forage sorghum. In proceeding of 4th International Crop Sciense Congress. Australia. Brisbane

Singh, B. K., Walker, A., 2006. Microbial degradation of organophosphorus compounds. FEMS Microbiology Reviews. Vol 30, Issue 3, pages 428–471.

Soltani, A., Gholipoor, M., Zeinali, E., 2006. Seed reserve utilization and seedling of wheat affected by drought and salinity. Env. Exp. Bot., 55, 195-200.

Journal of Seed Ecophysiology

Vol 2, No 1, 2017

115-128

University of Birjand

Effect of Nano silicone colloid pre-treatment on some germination indices and seedling physiological characteristics of wheat under drought stress

Karim Barzegar Ghajari[1], Abbas Maleki[2*] and Hemmatollah Pirdashti[3]

1. The graduate of the Msc. in Agronomy, Islamic Azad University, Ilam Branch, Department of Agronomy, Ilam, Iran

2*. Islamic Azad University, Ilam Branch, Department of Agronomy, Ilam, Iran

3. Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Department of Agronomy and Plant Breeding, Sari, Iran

Received 30 November 2016; Accepted 8February 2018

Abstract

Introduction: Wheat (*Triticumaestivum*) is a cereal grain and most important crops that is devoted 17 percent of arable land under cultivation in the world. 32 percent of the wheat-growing areas in developing countries experienced various types of stress during the growing season. Drought stress isone the most important problem that decreases the crop production. Wheat is one of the plants that can absorb a significant amount of silicon. Researchers have reported that silicon have numerous positive effects on the growth and yield of crops as well as the physiology and metabolism of different plants. Silicon reduced the effects of Salinity and drought stress and it seems the beneficial effect is mainly due to the effect of silicon on the growth of leaves, stems and other plant-based mechanisms. In addition, silicon helps plants to overcome the environmental stress. Seed priming technique is one of the ways to increase germination and emergence indices.

Material and methods: This study aimed to evaluate the effect of pre-treatment of silicon Nanocolloid on seed germination and some physiological characteristics of wheat seedling under drought stress was done in environmental stresses laboratory of Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources. A factorial experiment carried out based on randomized completely block design with four replications. Experimental factors were six drought levels including (0, -3, -6, -9, -12, -15 bar) and five Nanosilicon levels including (0, 15, 30, 45, 60 mg/l). Morvarid cultivar was used in this experiment. In order to seed treatment with nano-silicon solution, the seeds casting in containers containing different concentrations of nano-silicon and was kept for 12 hours at room temperature. Drought levels contains, -6, -9, -12 and -15 bar were used to create them using Michel and Kaufmann, respectively from zero, 143.18, 213.64, 267.98, 313.88, 354.36 grams of polyethylene glycol 6000 in 1 liters of distilled water were used. This experiment carried out in two stages. In first stage the morphological and germination indicesincluding germination percentage, germination index, germination rate, germination rate coefficient, mean of daily seed germination, daily germination rate and other indices were studied, and in second step, seedling physiological traits including prolin, concentration of Chl. a, Chl. b, carotenoid and other physiological traits were evaluated.

Resultsand discussion: showed that, Nanosilicon applications increased the daily germination rate (12.5%) and mean of germination time (12.8%), but decreased germination percentage (6.1%) and germination rate (23.3%) and had not significant effect on mean daily germination. Drought stress decreased germination percentage (8.5%), germination rate (41.1%), but encourage the germination index (18.25). By increasing of drought stress to -3 bar, the Chla (45%), Chl b (53.3%) and carotenoide(49.8%) were increased, but with increasing of drought stress to -6 bar, these traits decreased significantly but the proline was increased to (93.3%). With increasing of Nanosilicon levels to 30 mg/lit and more, the traits of Chl b and carotenoid increased but had not significance

*Correspondent author Email: iaumaleki@yahoo.com

differences. The interaction effect of drought stress and Nanosilicon particles on germination rate, Chl b and carotenoide concentrations were significant but on the other seed morphological and seedling physiological trait was not significant. Although chlorophyllandcarotenoid decreased with increasing drought stress from 0 to - 6 bar, butthis index was much more than control in the presence of silicon nanoparticles.It seems accumulation of proline and other metabolites in wheat and other plants, is a mechanism for drought tolerance and other stresses. It can also be concluded that the effect of various amounts of nano-silicon under drought stress on seed and seedling traits, are more noticeable than in normal condition and without stress.

Keyword: Chlorophyll a and b, Cartenoeides, Germination, Proline.